دوره آشنایی با

روند محاسبات پروژه های خاص سازه ای

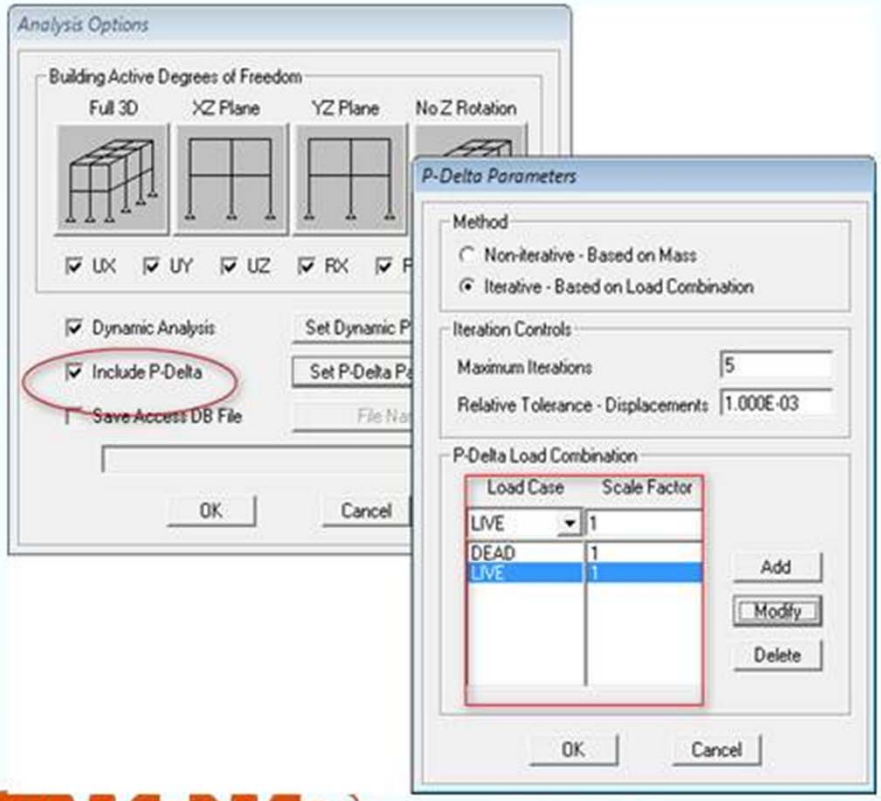
مجتبی اصغری سرخی
آموزشگاه مجازی ۸۰۸
www.Civil808.com

پنجشنبه ۹ شهریور ۱۳۹۱

جلسه ششم :

طراحی سازه های فولادی به روش حالت حدی LRFD

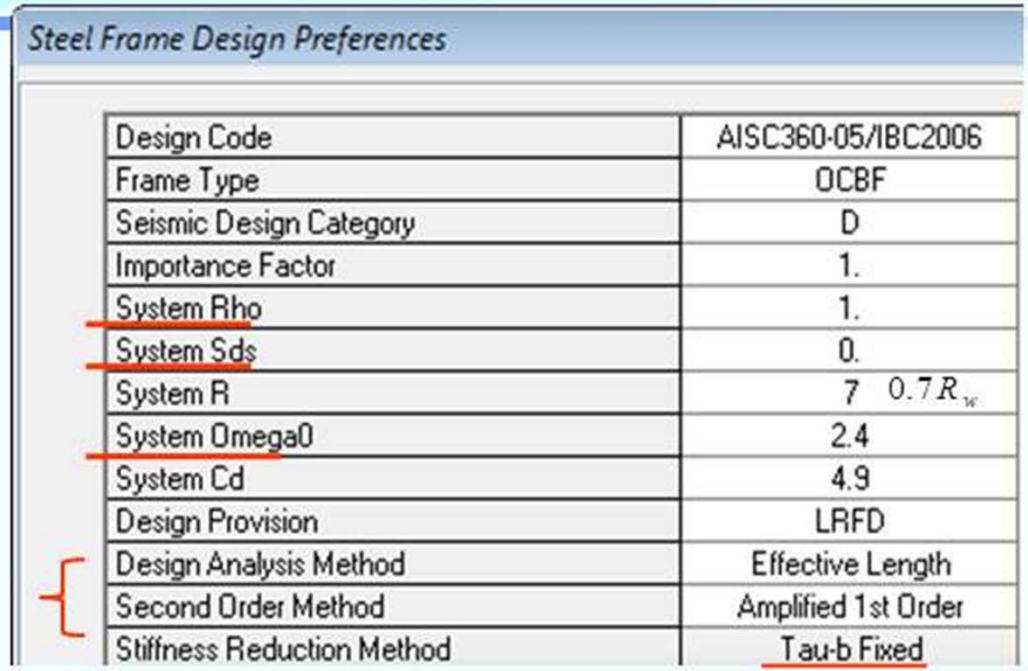
مطابق آیین نامه AISC-360-05 در SAP-ETABS



بخش سوم :

❖طراحی سازه های فولادی بر اساس ضوابط مبحث دهم و AISC 360-05به روش حدی LRFDدر ETABS

- برای معرفی نوع آیین نامه AISC 360-05 در ETABS به بخش Options > Preferences > Steel Frame Design مراجعه کنید.
- در جعبه Design Provision، می توان روش طراحی اعضای فولادی را از بین دو گزینه LRFD , ASD انتخاب نمود.
- ضرایب تقلیل مقاومت که به صورت پیش فرض در آیین نامه AISC360-05برنامه ETABS وجود دارد با مقادیر مورد نظر مبحث دهم انطباق دارند.



❑ System Cd ضریب افزایش تغییر شکل است که تغییرشکل الاستیک را به تغییر شکل نهایی تبدیل می کند و مطابق آیین نامه 2800 این ضریب در طراحی به روش تنش مجاز برابر و در طراحی در حالت حدی نهایی برابر $0.7R_u$ است

❑ System R معرف ضریب رفتار طراحی سازه در حالت حدی میباشد که میبایست با توجه به نحوه معرفی ترکیبات بار، آن را وارد کرد .

❑ روبروی گزینه Seismic Design Category یک جعبه کشویی وجود دارد که دارای پارامترهای A، B، C، D، E و F است. همانطوری که در راهنمای برنامه ذکر شده است برای ساختمان‌هایی که ضریب رفتار نهایی آنها 3 یا کمتر است، می‌توان A یا B یا C را انتخاب کرد و برای حالاتی که ضریب مذکور بیشتر از 3 باشد می‌توان D یا E یا F را برگزید تا برنامه به صورت خودکار ضوابط خاص لرزه ای را برای سازه اعمال می‌کند.

ترکیبات بارگذاری حالات حدی در مبحث دهم و AISC 360-05

مبحث دهم	AISC360-05 موجود در ETABS
$1.4D$	$1.4D$
$1.25D+1.5L$	$1.2D+1.6L$
$D+1.2L\pm1.2(E\ or\quad W)$	$0.9D\pm1.6W$
$0.85D\pm1.2(E\ or\quad W)$	$1.2D\pm0.8W$
	$1.2D\pm1.6W+1.0L$
	$1.2D\pm1.0E$
	$1.2D\pm1.0E+1.0L$
	$0.9D\pm1.0E$

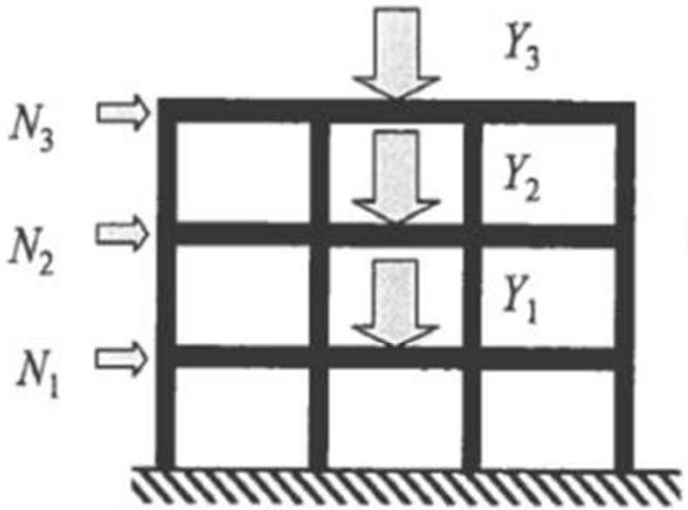
در ترکیب بارهای آیین‌نامه‌های AISC، نیروی زلزله برای آنها در حد نهایی محاسبه می شود اما در آیین‌نامه ملی کشورمان بار زلزله در حد بهره‌برداری محاسبه می‌شود. به همین جهت نمی‌توان از ترکیب بارهای پیش‌فرض برنامه جز با تغییر بارهای زلزله به صورت افزایش بارها و یا افزایش ضریب زلزله استفاده کرد.

اثرات خطاهای اجرایی در بارگذاری Notional Loads

بارهای جانبی خیالی به منظور زیر بکار می روند :

- لحاظ خطاهای اجرایی در حین بارهای ثقلی پیش بینی شده
- اثر نواقص هندسی
- خاصیت غیر الاستیک به دلیل عدم توجه به خروج از محوریت
- و کاهش سختی عضو ناشی از تنش های پس ماند که در تحلیل رخ می دهد

بارهای فرضی باید در راستایی بکار روند که نامناسب ترین اثر در ترکیب بارگذاری مشخص شده را داشته باشند.



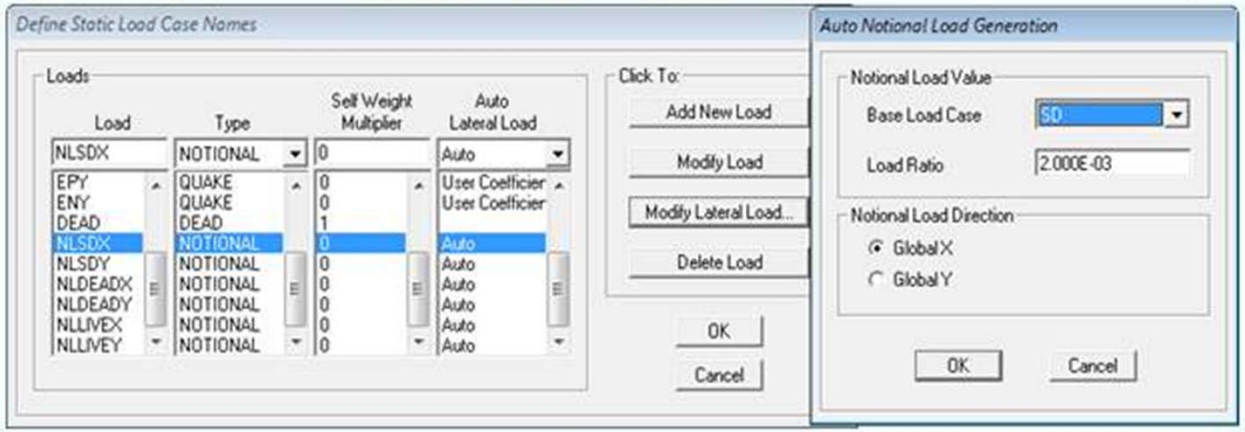
$$N_i = 0.002Y_i$$

این بار شامل بارهای ثقلی و حداقل معادل ۰.۰۰۲ بار ثقلی ضریبدار اعمال شده به طبقه و در دو امتداد اصلی سازه به طور مجزا میباشد .

این بار میبایست با لحاظ جهات مثبت و منفی ودر دو راستا مجموعا به تعداد ۸ ترکیب بار به ترکیب بارهای سابق افزوده شود.

ترکیبات بار در طراحی حالت حدی

به تعداد دو برابر حالت‌های بار ثقلی، حالت بار از نوع مجازی تعریف می‌گردد. برای اعمال بار مجازی به سازه گزینه Auto در ستون Auto Lateral Load انتخاب شده و سپس بر روی دکمه Modify Lateral Loadکلیک کرده تا صفحه جدیدی مطابق شکل زیر ظاهر شود و در آن تنظیمات لازم انجام گردد:



میبایست حداقل ۴ حالت بار مجازی تعریف شود:

NDx , NDy , NLx , NLy

که تنها در ترکیب بارهای بار های ثقلی شرکت داده می شوند

جمعاً به 40 ترکیب بار جهت طراحی نیاز می‌باشد:

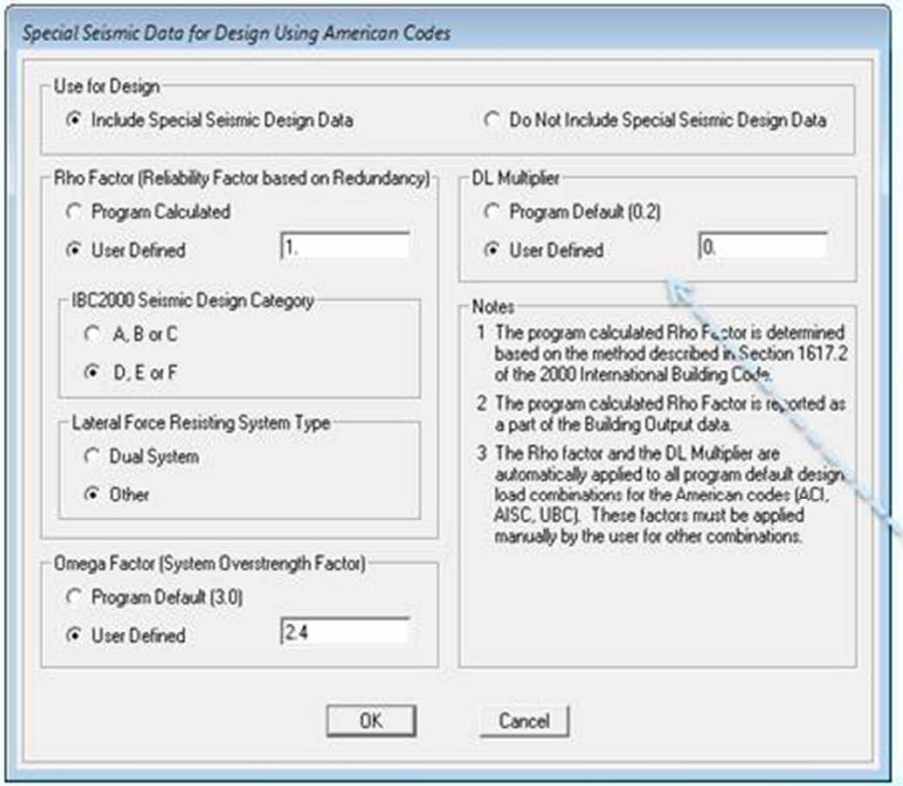
1.4D+1.4NDx , 1.4D-1.4NDx
1.4D+1.4NDy , 1.4D-1.4NDy

1.25D +1.5L+ 1.25NDx +1.5NLx
1.25D +1.5L - 1.25NDx - 1.5NLx
1.25D +1.5L+ 1.25NDy + 1.5NLy
1.25D +1.5L - 1.25NDy - 1.5NLy

D+1.2L +1.2Exp+0.36Ey / D+1.2L - 1.2Exp+0.36Ey /
D+1.2L +1.2Exp-0.36Ey / D+1.2L – 1.2Exp-0.36Ey , …

ترکیب بارهای تشدید یافته مبحث دهم و AISC 360-05

مبحث دهم	AISC360-05 موجود در ETABS
$0.85D+1.2\Omega_0 E$	$(0.9-0.2S_{DS})DL\pm\Omega_0 Q_E$
$D+1.2L+1.2\Omega_0 E$	$(1.2+0.2S_{DS})DL\pm\Omega_0 Q_E+1.0LL$



S_{DS} شتاب طیفی طراحی برای پریود های کوتاه است که برای لحاظ کردن اثر مولفه ی قائم زلزله بکار می رود و در ضریب بار مرده در ترکیبات می‌تواند موثر باشد.

از آنجا که در آیین نامه 2800 چنین اثری وجود ندارد مقدار این ضریب میبایست برابر صفر قرار داده شود.

مقدار این ضریب در قسمت Define > Special Seismic Load Effects از طریق گزینه (DL Multiplier) قابل تغییر است.

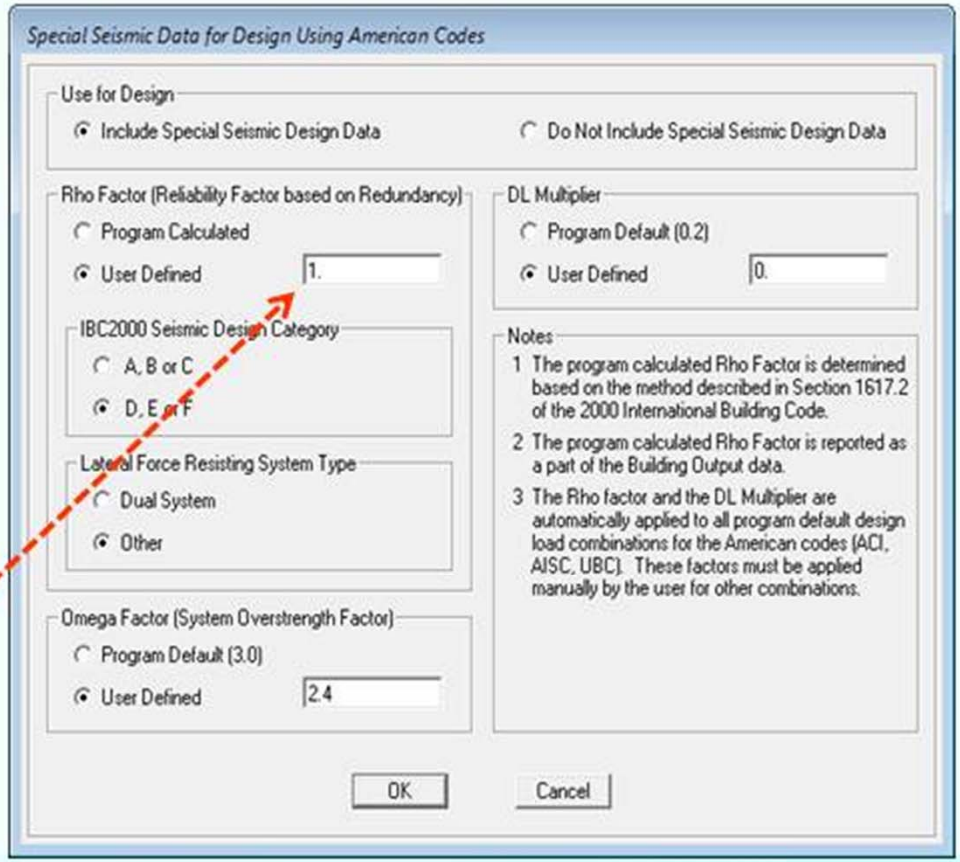
جهت استفاده از قابلیت ETABS در استفاده از ترکیب بارهای تشدید یافته منطبق با آیین نامه AISC360-05، از آنجا که در ترکیب بارهای تشدید یافته مبحث دهم به روش حالات حدی، بار زلزله دارای یک ضریب 1.2است که در ترکیب بارهای تشدید یافته برنامه وجود ندارد دو راه حل وجود دارد :

- یا مقدار بار زلزله را ۲۰٪ بیشتر وارد کنیم
- یا مقدار ضریب Ω_0 را نسبت به مقدار مبحث دهم در ضریب 1.2ضرب کنیم.

ضریب دیگر System Rho است که ضریب وارده برای بار زلزله در ترکیبات عادی آیین نامه IBC میباشد.

چنانچه در کادر مربوطه در گزینه Program Calculated انتخاب شود ، برنامه طبق روابط آیین نامه IBC ضریب Rho را محاسبه می نماید.

اما از آنجا که در 2800 ضریبی مشابه Rho وجود ندارد بنابراین مقدار پیش فرض برابر 1 را برای این ضریب می پذیریم.



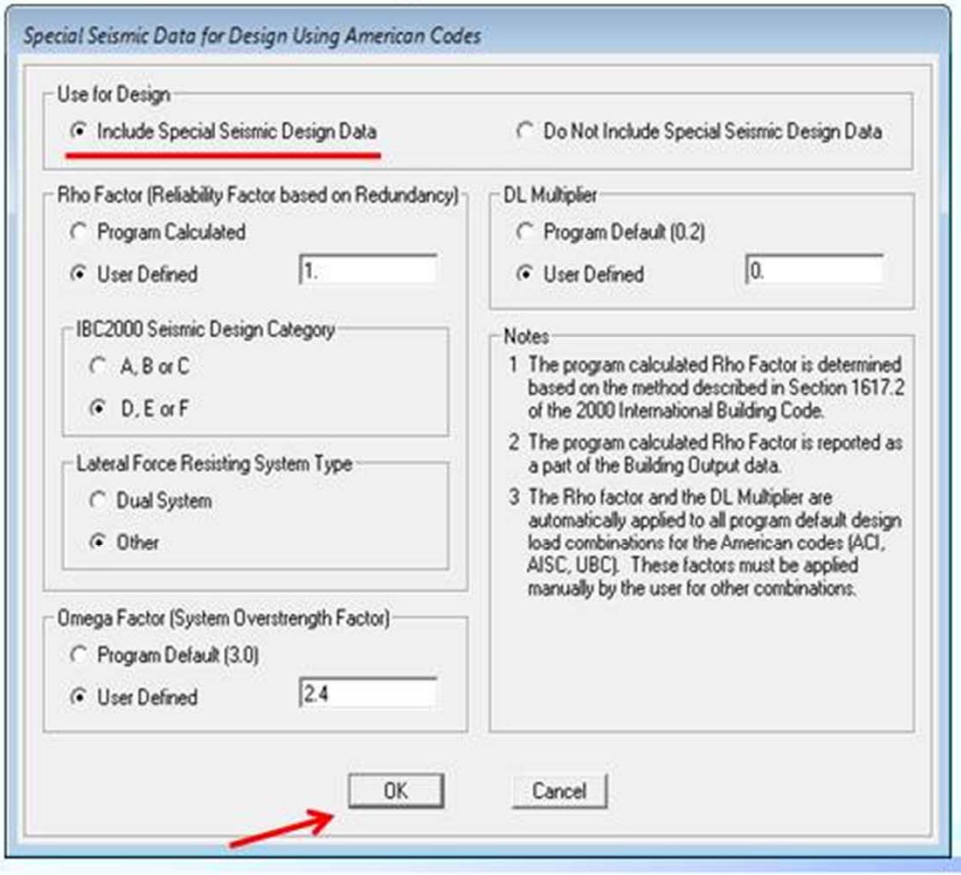
ترکیب بارهای تشدید یافته مبحث دهم

$$0.85D + 1.2\Omega_0 E$$
$$D + 1.2L + 1.2\Omega_0 E$$

AISC360-05 موجود در ETABS

$$(0.9 - 0.2S_{DS})DL \pm \Omega_0 Q_E$$
$$(1.2 + 0.2S_{DS})DL \pm \Omega_0 Q_E + 1.0LL$$

لحاظ الزامات طرح لرزه ای با استفاده از AISC 360-05



بنابراین توصیه می‌شود برای کارهای اجرایی از ترکیبات بار تشدید یافته خود برنامه با لحاظ اصلاحات ذکر شده استفاده شود و با فعال نمودن گزینه Include Special Seismic Design Data از قابلیت برنامه در لحاظ خودکار ترکیب بارهای تشدید یافته در طراحی با آیین نامه AISC360-05 استفاده نمود.

مقاطع فشرده و فشرده لرزه ای در طراحی حالت حدی ETABS با آیین نامه AISC 360-05

برای ساخت مقاطع جفت IPEستون و جفت ناودانی بادبندها امکان فراخوانی این مقاطع در ETABSبه گونه ای که برنامه آنها را فشرده تشخیص دهد ، وجود ندارد و در هر سه حالت زیر این مقاطع توسط برنامه غیرفشرده شناخته می شوند:

- ساخت مقاطع به صورت عمومیGeneral، با معرفی مشخصات هندسی مقاطع به صورت مستقیم
- ساخت مقاطع با استفاده از برنامه Section Designer
- استفاده از فایل های آماده مقاطع ایرانی که به صورت عمومی یا General هستند.

در صورت استفاده از هر سه روش فوق برنامه مقطع را به صورت عمومی، General، می شناسد و...

- ظرفیت خمشی و برشی این گونه مقاطع در ETABS به نحو مناسبی محاسبه نمی شود.
- در محاسبه مقاومت خمشی اسمی لنگر خمشی تسلیم به جای لنگر پلاستیک در نظر گرفته می شود
- و در کنترل مقاطع لرزه ای، برنامه ETABS این مقاطع را غیر فشرده دانسته و آنها را طراحی نمی کند.

تنها راه حل این است که مقاطع جفت یا ورق دار را با مقاطع I شکل یا اشکال هندسی دیگر معادل سازی کنیم.که این کار با استفاده از برنامه های کمکی مانند Proper به صورت راحت تری امکان پذیر می شود.

ضریب رفتار طراحی در حالت حدی

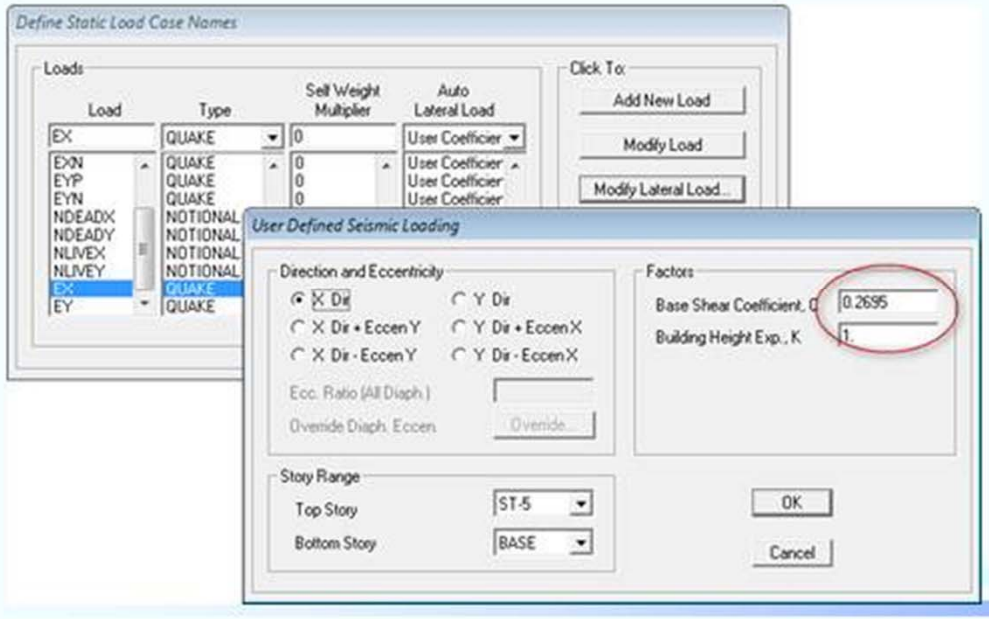
نیروی زلزله در سطح نهایی تقریبا 1.4 برابر نیروی زلزله ی سطح تنش مجاز است:

به دو طریق می توان تصحیح مربوط به تعیین ضریب رفتار سازه در حالت حدی نهایی با استفاده از ضریب رفتار معرفی شده در مبحث ششم مقررات ملی ساختمان که در سطح تنش مجاز تعریف شده اند را انجام داد:

- تقسیم ضریب رفتار سطح تنش مجاز بر 1.4

$$R_u = \frac{R_w}{1.4}$$

- ضرب ضرایب بار زلزله در ترکیبات بار به روش حالت حدی در 1.4

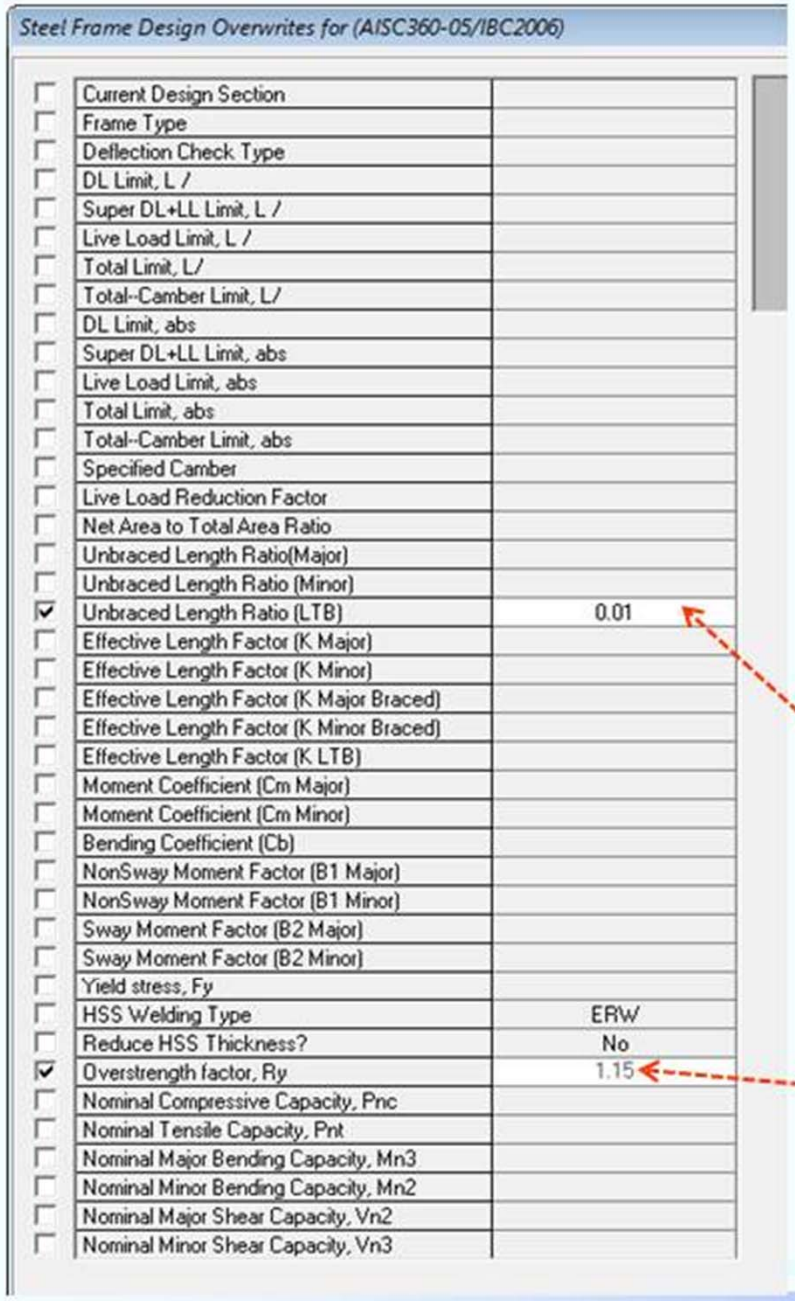


$$V_u = CW = \frac{ABI}{R_u}W = \frac{ABI}{R_w / 1.4}W$$

$$V_u = 1.4\,C.W$$

پارامتر های طراحی اعضا در حالت حدی :

الف– تیر



پس از انتخاب تیرها جهت تغییر مشخصات اعضا از منوی Design > SFD > View/Revise Overwrites چنانچه موردی نیاز به تغییر مقدار پیش‌فرض داشته باشد تنظمیات مربوطه را وارد می‌نماییم:

- از آنجا که در سازه تیرها درون سقف قرار گرفته و به طور کامل مهار جانبی دارند می‌بایست فاصله‌ی تکیه‌گاه‌های جانبی را برای تیرها در ETABS تصحیح نمود. برای این منظور در جلوی عبارت Unbraced Length ratio (LTB) طول آزاد برای کمانش جانبی- پیچشی یا همان فاصله‌ی تکیه‌گاه‌های جانبی تیرها را برابر مقدار کوچک برای مثال 0.01 وارد کنیم.
- چنانچه ضوابط طرح لرزه‌ای مد نظر باشد می‌بایست در اشکال ضریبOverStrength Factor را در تیرها ، ستون‌ها و بادبند ها مطابق مبحث دهم به 1.15 تغییر یابد.

پارامتر های طراحی اعضا در حالت حدی :

ب – ستون

پس از انتخاب ستون‌ها جهت تغییر مشخصات اعضا از منوی Design > SFD > View/Revise Overwrites تنظیمات مربوطه را وارد می‌نماییم:

- برای لحاظ آثار مرتبه دوم چنانچه از روش عمومی تحلیل $P-\Delta$ استفاده کنیم می‌بایست ضرایب B2و B1را برای همه ستون‌ها به 1 تغییر دهیم.

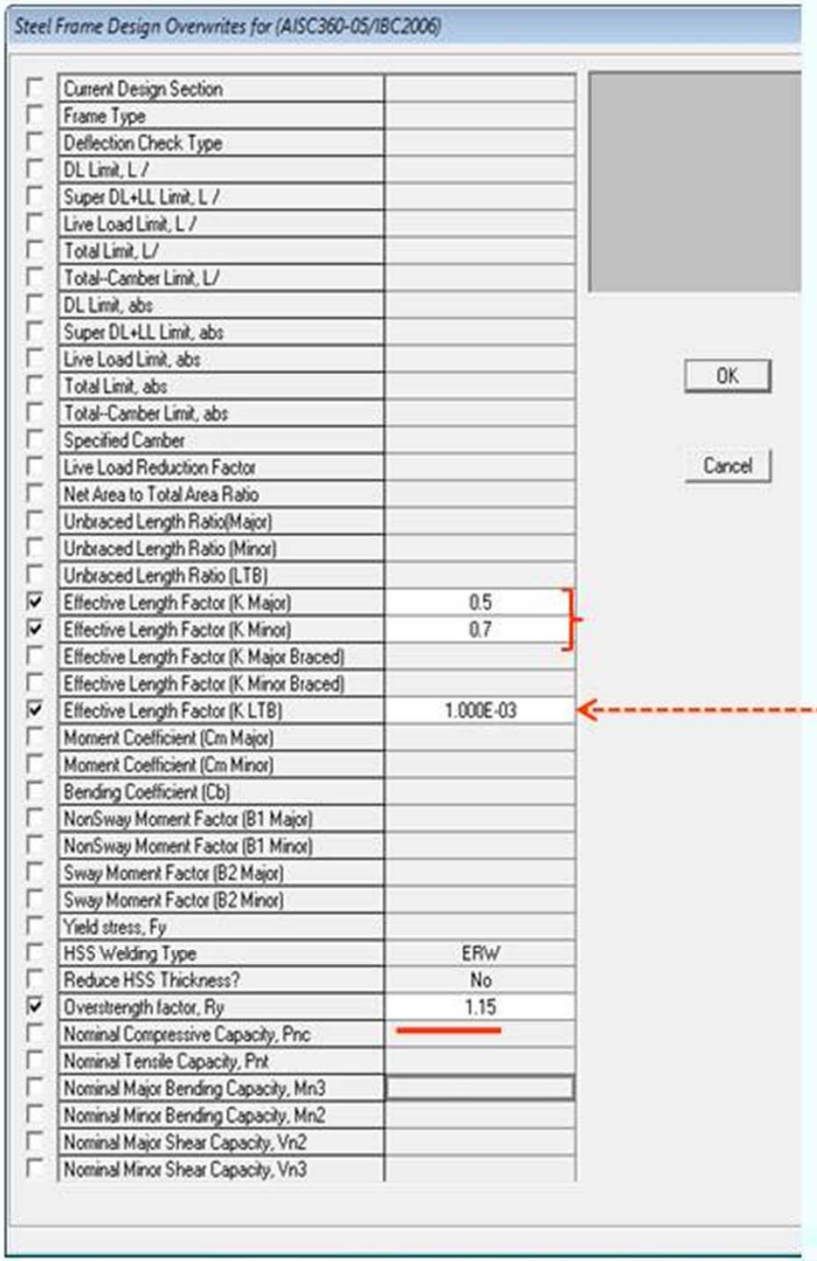
- چنانچه مقاطع ستون های جفتIPE سازه با مقاطع I شکل معادل سازی شوند ممکن است در تعیین ظرفیت فشاری آنها معیار کمانش پیچشی –خمشی حاکم شود. برای خنثی کردن محاسبه ی ظرفیت فشاری بر مبنای کمانش پیچشی-خمشی میبایست ضریب طول موثر مربوط به این کمانش، K_{LTB} ،یک عدد خیلی کوچک معرفی شود

Steel Frame Design Overwrites for (AISC360-05/IBC2006)

Current Design Section	
Frame Type	
Deflection Check Type	
DL Limit, L /	
Super DL+LL Limit, L /	
Live Load Limit, L /	
Total Limit, L/	
Total--Camber Limit, L/	
DL Limit, abs	
Super DL+LL Limit, abs	
Live Load Limit, abs	
Total Limit, abs	
Total--Camber Limit, abs	
Specified Camber	
Live Load Reduction Factor	
Net Area to Total Area Ratio	
Unbraced Length Ratio(Major)	
Unbraced Length Ratio (Minor)	
Unbraced Length Ratio (LTB)	
Effective Length Factor (K Major)	
Effective Length Factor (K Minor)	
Effective Length Factor (K Major Braced)	
Effective Length Factor (K Minor Braced)	
Effective Length Factor (K LTB)	0.001
Moment Coefficient (Cm Major)	
Moment Coefficient (Cm Minor)	
Bending Coefficient (Cb)	
NonSway Moment Factor (B1 Major)	1.
NonSway Moment Factor (B1 Minor)	1.
Sway Moment Factor (B2 Major)	1.
Sway Moment Factor (B2 Minor)	1.
Yield stress, Fy	
HSS Welding Type	ERW
Reduce HSS Thickness?	No
Overstrength factor, Ry	1.15
Nominal Compressive Capacity, Pnc	
Nominal Tensile Capacity, Pnt	
Nominal Major Bending Capacity, Mn3	
Nominal Minor Bending Capacity, Mn2	
Nominal Major Shear Capacity, Vn2	
Nominal Minor Shear Capacity, Vn3	

پارامتر های طراحی اعضا در حالت حدی :

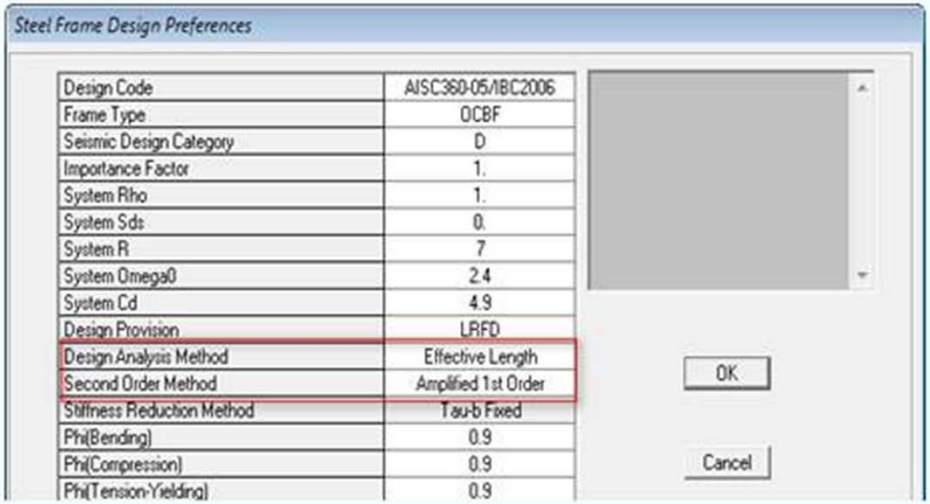
ج – بادبند



- چنانچه بادبند ضربدریX باشد مطابق مبحث دهم ضریب طول موثر K حول محور های اصلی و فرعی به ترتیب ۰.۵ و ۰.۷ معرفی می کنیم.

- همچنین اگر از مقاطع جفت برای بادبند استفاده میکنیم میبایست برای خنثی کردن محاسب ی ظرفیت فشاری بر مبنای کمانش پیچشی – خمشی ضریب طول موثر مربوط به این کمانش، ،عدد خیلی کوچک معرفی کنیم K_{LTB}

❖روش های بکار گیری اثر مرتبه دوم(لنگر ثانویه) در حالت حدی



روش اعمال اثر ثانویه در دو گزینه Design Analysis Method و Second Order Method قابل تعیین است :

نحوه اعمال اثر مرتبه دوم حالت حدی در ETABS

- Design Analysis Method
  - Direct Analysis **آنالیز مستقیم**
  - Effective Lenght **طول موثر**
  - Limited 1st Order **مرتبه اول**
- Second Order Method
  - General 2nd Order **آنالیز عمومی مرتبه دوم** $P-\Delta$
  - Amplified 1st Order **مرتبه اول تشدید یافته**

Design Analysis Method :

❖ روش آنالیز مستقیم Direct Analysis

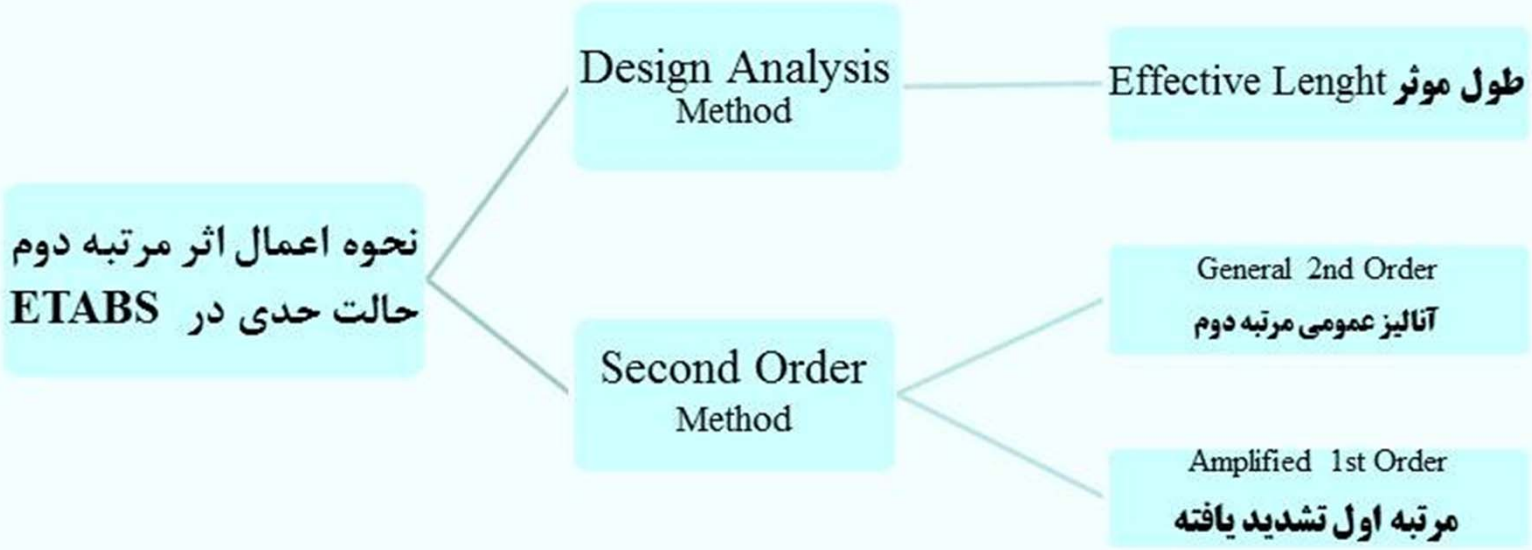
روش جدید آیین نامه AISC است و تحلیل اثرات ثانویه به صورت مستقیم با تحلیل $P-\Delta$ یا غیر مستقیم با ضرایب تشدید لنگر روی اعضا اعمال می شود. اثر کاهش سختی محوری و خمشی ناشی از تنش های پسماند به صورت مستقیم اعمال می شود. در مبحث دهم اشاره ای به این روش نشده است.

✓ روش طول موثر Effective Lenght

روش سنتی آیین نامه AISC و روش اصلی معرفی شده در مبحث دهم میباشد و در آن از ضریب طول موثر K استفاده می شود و اثرات ثانویه با اعمال تحلیل یا محاسبه ضریب تشدید لنگر در نظر گرفته می شوند.

❖ روش طراحی اعضا بدون لحاظ کردن آثار مرتبه دوم Limited 1st Order

استفاده از این روش علاوه بر تامین شروط مربوطه بند ۱۰-۲-۷-۱-۶ مبحث دهم ، دارای تقریب قابل توجهی هم خواهد بود که به جهت محدودیت های موجود، استفاده از این روش به طور کلی توصیه نمی شود.



در مبحث دهم مطابق بند ۱۰-۲-۷-۱-۵ به طور کلی جهت لحاظ اثر مرتبه دوم میبایست از دو روش عمومی تحلیل غیرخطی هندسی و روش ضرایب تشدید لنگر یک روش انتخاب و اعمال شود.

روش عمومی تحلیل مرتبه دوم (تحلیل غیرخطی هندسی) در ETABS

Design Analysis Method	Effective Length
Second Order Method	General 2nd Order

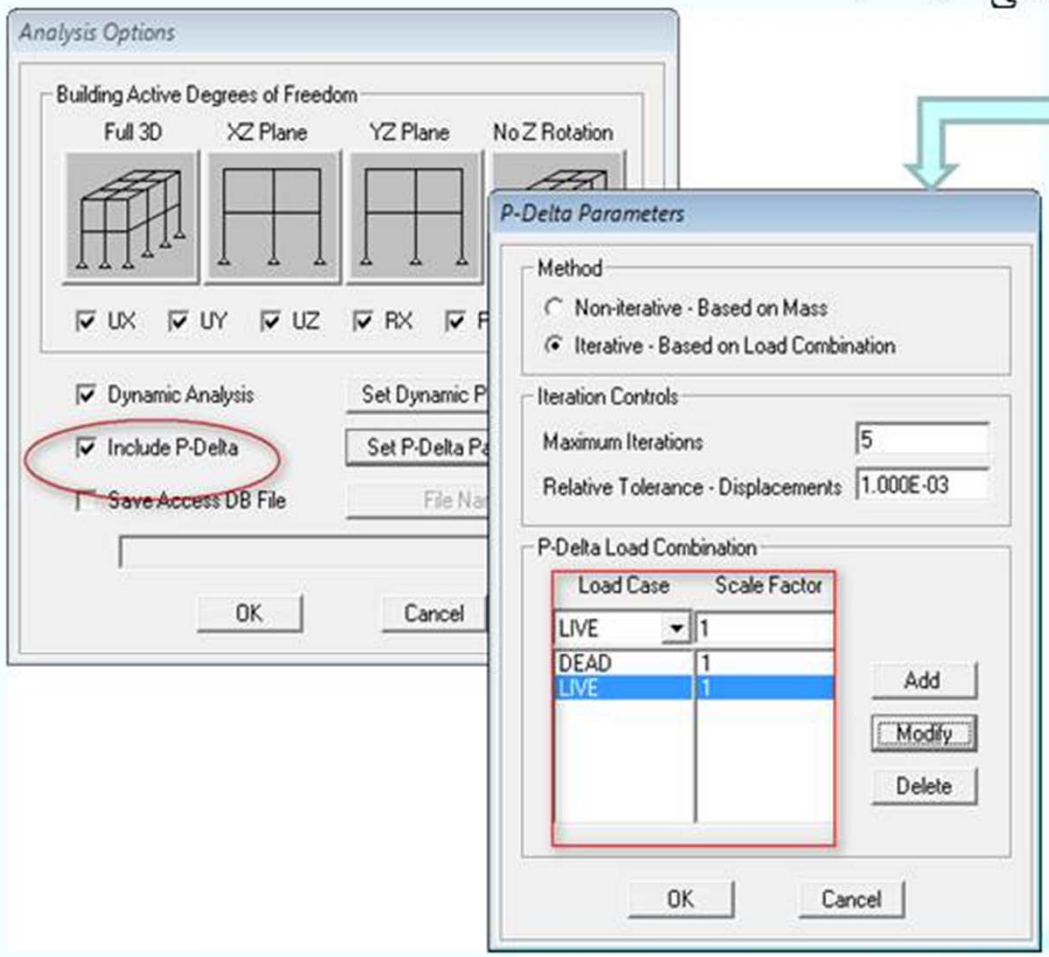
روش تشدید لنگر های خمشی (Amplified 1st Order) درETABS

Design Analysis Method	Effective Length
Second Order Method	Amplified 1st Order

روش عمومی تحلیل مرتبه دوم (تحلیل غیرخطی هندسی $P-\Delta$) در ETABS

لحاظ کردن اثرهای ثانویه تحلیل غیر خطی هندسی نیازمند انجام دو نوع تحلیل سازه است :

- اثر ثانویه برای بارهای جانبی $P-\Delta$
- اثر ثانویه برای بار های ثقلی $P-\delta$



تحلیل $P-\Delta$ درETABS

تحلیل $P-\delta$ درETABS

اثرات ثانویه تشدید لنگر مربوط به بار های ثقلی در اکثر موارد نسبت به $P-\Delta$ ناچیز می باشند و تنها برای ستون های با طول بلند و مقطع کوچک بحرانی خواهد شد.

برای این تحلیل لازم است ستون ها در طول خود تقسیم بندی شوند

با تشکر از توجه شما